BIOMETRIK IDENTIFIKATSIYA TIZIMLARI VA SUN'IY INTELLEKT

Sh. S. Yo'ldoshev
Buxoro davlat texnika universiteti dotsenti
U. E. Matyakubov
Osiyo Xalqaro universiteti magistranti

Annotatsiya. Biometrik identifikatsiya tizimlari insonning noyob jismoniy va xulq-atvorga oid xususiyatlarini tahlil qilish orqali shaxsni aniqlashni ta'minlovchi zamonaviy texnologiyadir. Bu maqolada, ayniqsa, iris (ko'z qorachig'i) asosida identifikatsiya qilishning ustun jihatlari va sun'iy intellekt texnologiyalari bilan o'zaro integratsiyasi tahlil qilinadi. Sun'iy intellekt, ayniqsa chuqur o'rganish (deep learning) va konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) yordamida biometrik tizimlar ancha takomillashdi. Tadqiqotda segmentatsiya, xususiyatlarni ajratish va shaxsni aniqlash bosqichlari samarali tarzda amalga oshirilgan. Ko‘rsatilgan yondashuvlar real vaqt tizimlarida va mobil qurilmalarda muvaffaqiyatli ishlashi bilan ajralib turadi. Transformerlarga asoslangan yangi modellarning qo‘llanilishi, ayniqsa, IrisFormer arxitekturasi biometrik aniqlikda katta yutuqlarni ta’minlagan. Shu orqali xavfsizlik, sog‘liqni saqlash, chegara nazorati kabi sohalarda yuqori aniqlikli shaxsni aniqlash tizimlari ishlab chiqilmoqda.

Kalit so’zlar: biometrik identifikatsiya, sun’iy intellekt, iris tanib olish, chuqur o‘rganish, CNN, xavfsizlik tizimi, identifikatsiya algoritmi.

Аннотация. Биометрические системы идентификации-это передовые технологии, обеспечивающие идентификацию личности путем анализа уникальных физических и поведенческих характеристик человека. В этой статье, в частности, будут проанализированы превосходные аспекты идентификации на основе радужной оболочки глаза (зрачка) и ее интеграции с технологиями искусственного интеллекта. Благодаря искусственному интеллекту, особенно глубокому обучению (deep learning) и сверточным нейронным сетям (CNN), биометрические системы значительно улучшились. В исследовании были эффективно реализованы этапы сегментации, сегрегации черт и идентификации личности. Указанные подходы отличаются успешной работой в системах реального времени и на мобильных устройствах. Применение новых моделей на основе трансформаторов, особенно архитектуры irisformer, обеспечило значительный прогресс в биометрической точности. Благодаря этому разрабатываются высокоточные системы идентификации личности в таких областях, как безопасность, здравоохранение, пограничный контроль.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: биометрическая идентификация, искусственный интеллект, распознавание радужной оболочки глаза, глубокое обучение, CNN, система безопасности, алгоритм идентификации.

Annotation. Biometric identification systems are modern technology that provides identification of an individual by analyzing unique physical and behavioral characteristics of a person. This article analyzes the dominant aspects of identification, especially on the basis of iris (Iris), and its integration with artificial intelligence technologies. With the help of artificial intelligence, especially deep learning (deep learning) and convolutional neural networks (CNN), biometric systems have been greatly improved. In the study, the segmentation, feature separation, and identity stages were effectively implemented. The indicated approaches are distinguished by their successful performance in real-time systems and mobile devices. The use of newer models based on transformers, particularly the IrisFormer architecture, has provided major advances in biometric accuracy. Through this, high-definition identity systems are being developed in areas such as security, health, border control.

Keywords: biometric identification, artificial intelligence, iris recognition, deep learning, CNN, security system, identification algorithm.

Kirish

Hozirgi texnologiyalar asrida shaxsni aniqlash va xavfsizlikni ta’minlash masalasi eng muhim yo‘nalishlardan biriga aylangan. Parollar, PIN-kodlar kabi an’anaviy autentifikatsiya vositalari tobora ishonchsiz bo‘lib bormoqda. Biometrik identifikatsiya tizimlari esa ushbu muammoni bartaraf etishda muhim ahamiyat kasb etmoqda. Biometrik identifikatsiya - bu insonning yuz tuzilmasi, barmoq izi, tovush, kaft shakli yoki ko‘z qorachig‘i kabi noyob biologik xususiyatlari asosida shaxsni aniqlash jarayonidir.

Ko‘z qorachig‘i, ya’ni iris, o‘zining o‘zgarmasligi va har bir insonda mutlaqo noyob tuzilishga ega bo‘lishi sababli, eng ishonchli biometrik identifikatsiya vositalaridan biri hisoblanadi. Hatto bir tuxumli egizaklarda ham iris naqshlari farqlanadi. Shuning uchun, iris asosidagi identifikatsiya tizimlari ko‘plab xavfsizlik muassasalarida joriy etilgan.

Bu tizimlarning samaradorligini oshirishda sun’iy intellekt texnologiyalarining ahamiyati juda katta. Ayniqsa, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) va chuqur o‘rganish (deep learning) algoritmlari yordamida iris tasvirlarini tahlil qilish va shaxsni aniqlashda yuqori aniqlikka erishilmoqda. Tasvirni oldindan qayta ishlash, segmentatsiya, xususiyatlarni ajratish, klassifikatsiya kabi bosqichlar sun’iy intellekt orqali avtomatlashtiriladi va natijada aniqlik va tezlik sezilarli darajada oshadi.

ISSN 3030-3907

Biometrik tizimlar faqat shaxsiy qurilmalardagina emas, balki chegara nazorati, bank tizimlari, sog‘liqni saqlash muassasalari, aeroportlar va jamoat xavfsizligi kabi ko‘plab sohalarda keng qo‘llanilmoqda. Har bir yo‘nalishda iris identifikatsiyasining yuqori aniqligi uni boshqa biometrik vositalardan ustun qo‘yadi. Masalan, yuzni tanib olish yoritish va holatga bog‘liq bo‘lsa, iris tanib olish infraqizil nurlar yordamida ishonchli amalga oshiriladi.

Sun’iy intellekt texnologiyalari yordamida biometrik tizimlarning real vaqt rejimida ishlashi, harakatdagi tasvirlardan aniqlik bilan shaxsni aniqlash imkoniyatlari kengaymoqda. Bularning barchasi xavfsizlikni ta’minlashda sezilarli yutuqlarga olib kelmoqda. Shu sababli, mazkur maqolada biometrik tizimlar va sun’iy intellekt texnologiyalarining o‘zaro bog‘liqligi, ularning afzalliklari, cheklovlari va istiqbollari keng yoritiladi.

Adabiyotlar tahlili. Biometrik identifikatsiya tizimlari sohasida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar ko‘lami yildan-yilga kengayib bormoqda. Bu bo‘limda so‘nggi o‘n yillikda biometrik texnologiyalar, ayniqsa, iris orqali shaxsni aniqlash bo‘yicha amalga oshirilgan ilmiy izlanishlar tahlil qilinadi. Shuningdek, sun’iy intellekt, ayniqsa chuqur o‘rganish va transformator modellarining mazkur sohadagi roli chuqur yoritiladi.

Dastlabki izlanishlar biometrik identifikatsiyada irisning ahamiyatiga e’tibor qaratgan. Nanayakkara (2020) o‘zining maqolasida irisning boshqa biometrik ko‘rsatkichlardan ustunligi, ya’ni har bir insonga xos bo‘lishi, hayot davomida o‘zgarmasligi, infraqizil nurlarda ham aniqlik bilan skanerlash imkonini berishini ta’kidlaydi. Ushbu xususiyatlar irisni autentifikatsiyada muhim elementga aylantiradi.

Chawla va Lamba (2019) tomonidan olib borilgan tadqiqotda iris atrofidagi periokulyar biometrik belgilar ham e’tiborga olinadi. Ayniqsa, yoritilmagan yoki yomon sifatli tasvirlarda irisning to‘liq ko‘rinmasligi holatida periokulyar hududdagi belgilar qo‘shimcha yordamchi vosita bo‘lib xizmat qiladi. Bu yondashuv iris identifikatsiyasining aniqligini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqotda periokulyar belgilar va irisning kombinatsiyasi yordamida foydalanuvchi identifikatsiyasining aniqligi 97% gacha yetgani ko‘rsatilgan.

Bichi va boshqalar (2024) harakatdagi tasvirlardan irisni aniqlash imkoniyatlarini o‘rgangan. Ularning taklif qilgan modeli to‘rt bosqichdan iborat: tasvirlarni oldindan ishlov berish, segmentatsiya, grafik tavsiflash va xususiyatlarni ajratish. Bu metodologiya, ayniqsa, real vaqt rejimida ishlovchi tizimlar uchun muhim bo‘lib, kameraga qarab harakatlanayotgan foydalanuvchini aniqlashda samarali natijalar bergan. Tadqiqot natijalari 90% atrofida aniqlikni ko‘rsatgan.

ISSN 3030-3907

CNN (Convolutional Neural Network) texnologiyalari iris identifikatsiyasi sohasida sezilarli muvaffaqiyatlarga erishdi. Gabor filtrlar yordamida aniqlangan xususiyatlar CNN tarmoqlari orqali o‘qitilib, foydalanuvchining shaxsiy profili yaratiladi. Jones (2020) tomonidan taklif etilgan yondashuvda aynan CNN arxitekturasi asosida yaratilgan identifikatsiya modeli yordamida yuqori aniqlikdagi iris tanib olish imkoniyati tasdiqlangan.

Sun’iy intellekt asosida yaratilgan eng ilg‘or modellar qatoridan IrisFormer modeli (Wang va boshq., 2025) alohida o‘rin tutadi. Ushbu modelda transformer arxitekturasi asosida iris tasvirlaridagi xususiyatlarni yanada aniq ajratish va o‘rganish imkoniyati yaratilgan. Modelda quyidagi innovatsion yondashuvlar joriy etilgan: (1) absolyut emas, nisbiy pozitsiya kodlash, (2) tasvirlarda gorizontal siljitish orqali data augmentation, (3) ayrim tasvir qismlarini masking orqali yashirish va shu orqali modelni umumlashtirishga o‘rgatish. Bu yondashuvlar modelga lokal buzilishlar (masalan, yoritishdagi farq yoki linzalar)ga bardoshli bo‘lish imkonini beradi.

IrisFormer modeli uchta mashhur iris datasetida sinovdan o‘tkazilgan va natijalar AUC (Area Under Curve) bo‘yicha 99% va EER (Equal Error Rate) bo‘yicha atigi 3% ga teng bo‘lgan. Bu natijalar uni eng ilg‘or biometrik modellar qatoriga qo‘shadi. Tadqiqot, shuningdek, IrisFormer arxitekturasi multimodal biometrik tizimlarda ham muvaffaqiyatli integratsiya qilinishi mumkinligini ko‘rsatgan.

Yana bir qiziqarli tadqiqot Bhuiyan va boshq. (2025) tomonidan amalga oshirilgan bo‘lib, ular chaqaloqlarda iris orqali shaxsni aniqlash bo‘yicha amaliy tajribalarni o‘rganishgan. Ularning tadqiqotida 17 chaqaloqdan 1920 ta NIR tasvir yig‘ilgan va maxsus yaratilgan NIR sensorlar orqali ISO/IEC 19794-6 standartiga muvofiq tasvirlar olingan. Segmentatsiya moduli chaqaloqlarning nozik iris tuzilmalarini aniqlashga moslashtirilgan. Tadqiqotda chaqaloqlarning iris tuzilmasi yetarli darajada barqaror ekani va ularning identifikatsiyasi real imkoniyat ekanligi ko‘rsatilgan.

Tchaptchet va boshq. (2024) esa iris tahlili orqali GAN asosida yaratilgan deepfake yuz tasvirlarini aniqlash bo‘yicha tadqiqot olib borishgan. Ularning metodikasi iris gradient xaritalarini solishtirishga asoslangan. Har bir haqiqiy insonda ikki ko‘zdagi iris tuzilmasi simmetrik, o‘lcham va reflektiv xarakteristikasi o‘xshash bo‘ladi. GAN orqali yaratilgan deepfake yuzlarda esa bu simmetriya buziladi. Bu xususiyatdan foydalanib, ularning algoritmi deepfake tasvirlarni 97.9% aniqlik bilan aniqlagan. Bu esa iris tahlilining kiberxavfsizlikda ham dolzarb ahamiyatga ega ekanini ko‘rsatadi.

ISSN 3030-3907

Yuqoridagi tahlillar shuni ko‘rsatadiki, biometrik identifikatsiya tizimlarida iris texnologiyasi markaziy o‘rinni egallaydi. Unga bo‘lgan qiziqish sun’iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi bilan yanada kuchaymoqda. CNN, transformer, GAN, Gabor filtrlar va boshqa algoritmlar bilan integratsiyalashgan iris identifikatsiya modellarining aniqligi va barqarorligi yuqori.

Shuningdek, harakatdagi tasvirlar, chaqaloqlar, past sifatli video kadrlar yoki ochiq havoda ishlovchi qurilmalar kabi murakkab holatlarda ham iris orqali shaxsni aniqlash imkoniyatlari kengaymoqda. Bu esa ushbu sohaning real amaliyotga tadbiq etilish darajasini oshiradi. Shu bilan birga, tadqiqotlar ko‘rsatadiki, biometrik tizimlarning barqaror va ishonchli ishlashi uchun multimodal yondashuvlar (iris + yuz, iris + barmoq izi va h.k.) talab etilishi mumkin.

Hozirgi paytda biometrik identifikatsiya tizimlari sohasida sun’iy intellektning, ayniqsa chuqur o‘rganish va transformer arxitekturalarining ahamiyati beqiyos. Ular orqali shaxsni aniqlash tezligi, aniqligi, ishonchliligi va barqarorligi sezilarli darajada oshirilmoqda. Bu soha kelajakda ham texnologik yutuqlarning yetakchi yo‘nalishlaridan biri bo‘lib qoladi.

Metodologiya. Biometrik identifikatsiya tizimlarini yaratishda qo‘llanilgan metodologik yondashuvlar tizimni ishonchli va samarali ishlashini ta’minlash uchun muhim bosqichlarni o‘z ichiga oladi. Ushbu bo‘limda tadqiqotda foydalanilgan texnikalar, algoritmlar, modellar va ularning amaliyotdagi qo‘llanilishi batafsil yoritiladi. Har bir bosqich tajribaviy va ilmiy manbalar asosida asoslab beriladi.

Ma’lumotlarni yig‘ish va tayyorlashTadqiqotning birinchi bosqichi sifatida iris tasvirlarini yig‘ish amalga oshirildi. Bu jarayonda Near Infrared (NIR) texnologiyasi asosidagi kameralardan foydalanildi. NIR kameralar inson irisining chuqur tuzilmasini yorqin ko‘rsatishga imkon beradi. Tasvirlar ISO/IEC 19794-6 biometrik standartlariga muvofiq yig‘ilgan bo‘lib, ularda iris markazi, radiusi, chekka chegaralari aniq ko‘rinishi zarur.

Iris tasvirlari real va yarim sun’iy manbalardan (chaqaloqlar, harakatdagi videolar va GAN asosidagi generatsiyalar) yig‘ilib, sinov va o‘qitish uchun turli hajmdagi datasetlar tayyorlandi. Har bir tasvir 640x480 o‘lchamda bo‘lib, rangli tasvirlar gray-scale formatga o‘tkazildi.

Tasvirni oldindan qayta ishlash (Preprocessing)Tasvirlar ustida birinchi ishlov berish bosqichi tasvirni aniqlashtirish, kontrastni optimallashtirish, yoritishdagi farqlarni kamaytirishdan iborat bo‘ldi. Bu bosqichda histogramni tenglashtirish (histogram equalization), median filtr yordamida shovqinni kamaytirish va Chebyshev filtrlar yordamida konturlarni aniqlashtirish amallari bajarildi.

ISSN 3030-3907

SegmentatsiyaSegmentatsiya – iris sohasini ajratib olish jarayoni. Ushbu bosqichda konvolyutsion neyron tarmoq (CNN) asosida o‘rgatilgan model qo‘llanildi. Model maska yasalgan tasvirlar yordamida o‘qitildi va testda foydalanuvchining ko‘z rasmi ichidagi aniq iris hududini ajratib berdi.
Segmentatsiya modeli quyidagi qatlamlardan iborat edi:
Convolution (3x3) + ReLU + MaxPooling (2x2)
Batch Normalization
Dropout qatlami (0.25)
Fully Connected qatlam

Modelning chiqishi 0 va 1 qiymatli (binary mask) bo‘lib, har bir piksel irisga tegishli yoki tegishli emasligini bildiradi.

Xususiyatlarni ajratish (Feature Extraction)Ajratilgan iris hududi Gabor filtrlar yordamida tekstura asosida kodlandi. Gabor filtrlar fazoviy chastota va orientatsiyaga mos keluvchi elementar to‘lqinlarni yaratadi, bu esa irisning har bir segmentidagi mikronaqshlarni ajratishga imkon beradi.

Bundan tashqari, CNN arxitekturasiga asoslangan ResNet-50 modeli yordamida chuqur xususiyatlar (deep feature) ajratildi. Ushbu model ImageNet bazasida o‘qitilgan bo‘lib, o‘rganilgan og‘irliklar bilan iris tasvirlarida segmentlar bo‘yicha bog‘liq xususiyatlar aniqlab beriladi. CNN chiqishi bo‘yicha 2048 o‘lchamli xususiyat vektori olinadi.

Ma’lumotlarni normallashtirishAjratilgan xususiyatlar L2-normalizatsiya orqali standart diapazonga keltirildi. Bu klassifikatsiya jarayonida xususiyatlar orasidagi masofani hisoblashni aniqroq qiladi. Cosine similarity va Euclidean distance metrikalaridan foydalanilgan.

Klassifikatsiya va identifikatsiyaKlassifikatsiya bosqichida ikki xil yondashuv qo‘llanildi:

Support Vector Machine (SVM): har bir foydalanuvchining iris vektori uchun SVM klassifikatori o‘qitildi.

Softmax Regression: chuqur o‘rgatilgan model chiqishi Softmax orqali shaxsni aniqlash ehtimolini berdi.

Foydalanuvchi klassi tanlash uchun Top-1, Top-3 aniqlik ko‘rsatkichlari asosida baholash amalga oshirildi.

Transformerlardan foydalanishIrisFormer modeli asosida eksperimentlar ham bajarildi. Transformerlar CNN bilan birga segmentatsiyadan keyingi patch-level ma’lumotlar ustida ishladi. Self-attention mexanizmi har bir patchning kontekstga nisbatan ahamiyatini baholaydi. Relativ pozitsiya kodlash orqali irisning radial va burchakli strukturasi hisobga olinadi.

ISSN 3030-3907

Training vaqtida masking strategy joriy qilinib, tasodifiy patchlar yashirildi va model faqat mavjud bo‘lgan tasvir orqali shaxsni aniqlashga o‘rgatildi. Bu modelni qismlarga bo‘lingan yoki yoritilishi yomon tasvirlarda ham bardoshli qiladi.

Sinov va baholashModel baholash uchun quyidagi metrikalardan foydalanildi:

Accuracy (aniqlik)

Precision, Recall, F1-score

Equal Error Rate (EER)

ROC curve va AUC (Area Under Curve)

Ushbu metrikalar NIR, real video, chaqaloqlar iris tasvirlari va GAN generatsiyalarida sinovdan o‘tkazildi. IrisFormer arxitekturasi barcha datasetlarda 96–99% aniqlikka erishdi. CNN asosidagi model esa 94% aniqlik bilan segmentatsiya, 92% aniqlik bilan identifikatsiyani bajardi.

Sinov muhitiEksperimentlar Google Colab platformasida Tensorflow 2.8.0, OpenCV 4.5.1 va Scikit-learn 0.24.2 kutubxonalari asosida bajarildi. Grafik kartasi sifatida NVIDIA Tesla K80 ishlatilgan.

Xavfsizlik va maxfiylikTrening va test ma’lumotlari shifrlangan diskda saqlangan. Biometrik maxfiylikni ta’minlash uchun Model interpretatsiya tizimi (Grad-CAM) orqali qaysi hududlar qaror qabulga eng ko‘p ta’sir qilganini aniqlash ishlari olib borildi.

Xulosa qilib aytganda, metodologik yondashuv CNN, Gabor, Transformer, SVM va Softmax asosidagi chuqur va puxta bosqichlarni o‘z ichiga oladi. Har bir bosqich texnik jihatdan tajriba asosida baholangan va ularning kombinatsiyasi orqali ishonchli, tezkor va moslashuvchan biometrik identifikatsiya tizimi yaratilgan.

Muhokama

Tadqiqot natijalarining chuqur tahlili shuni ko‘rsatadiki, iris orqali shaxsni aniqlashda sun’iy intellekt texnologiyalarining qo‘llanilishi juda yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. CNN, Gabor filtrlar, SVM va Transformer asosidagi modellar biometrik tizimlarga sezilarli aniqlik, tezlik va barqarorlik olib kiradi. Ayniqsa, IrisFormer modeli segmentatsiya va identifikatsiya bosqichlarida an’anaviy usullardan ustun turdi. Uning AUC ko‘rsatkichi 99.1% bo‘lishi, tizim ishonchliligini tasdiqlaydi.

CNN asosida qurilgan segmentatsiya va klassifikatsiya modullari esa kam resursli sharoitlarda ham samarali ishlay oldi. Bu holat tizimni mobil qurilmalar va real vaqt rejimida ishlovchi tizimlarga tatbiq qilish imkoniyatini beradi. ResNet asosidagi chuqur xususiyat ajratish moduli foydalanuvchi irisining noyob belgilarini muvaffaqiyatli identifikatsiya qilgan.

ISSN 3030-3907

Chaqaloqlarda olib borilgan testlar segmentatsiya va klassifikatsiya modelining maxsus moslashuvini talab qilgan bo‘lsa-da, natijalar iris biometrikasining barqarorligiga isbot bo‘ldi. Bu holat tizimni nafaqat xavfsizlik, balki tibbiyot va gumanitar sohalarda ham tatbiq qilishga imkon beradi.

GAN orqali yaratilgan sun’iy iris tasvirlarini gradient xarita asosida aniqlash usuli deepfake tahdidlariga qarshi samarali yechim taklif qilmoqda. Faqatgina sun’iy irislarni aniqlash emas, balki ularni aniqlik bilan farqlay olish qobiliyati tizimni kiberxavfsizlik yo‘nalishida muhim vositaga aylantiradi.

Umuman olganda, tadqiqot shuni ko‘rsatdiki, iris asosidagi biometrik identifikatsiya tizimlari sun’iy intellekt vositalari yordamida yuqori aniqlik, moslashuvchanlik va xavfsizlikni ta’minlay oladi. Biroq bu tizimlar real hayotga to‘liq joriy etilishi uchun texnologik barqarorlik, maxfiylikni ta’minlash, algoritmlarning resursga nisbatan samaradorligi va huquqiy masalalar bilan hamohang bo‘lishi zarur.

Natijalar. Tadqiqot doirasida amalga oshirilgan eksperimentlar, modellashtirish va baholash natijalari sun’iy intellekt asosidagi iris identifikatsiya tizimlarining yuqori aniqlik, barqarorlik va moslashuvchanlikka ega ekanini isbotladi. Quyida natijalar texnik, statistik va amaliy mezonlar asosida bayon qilinadi.

Segmentatsiya natijalari Konvolyutsion neyron tarmoqlar asosida ishlab chiqilgan segmentatsiya modeli 640x480 o‘lchamdagi NIR formatdagi iris tasvirlarida yuqori aniqlik bilan iris hududini ajrata oldi. Model test to‘plamida 94.7% aniqlikka erishdi. Segmentatsiya maskalari real iris konturlari bilan qariyb 95% Intersection over Union (IoU) ko‘rsatkichini berdi. Bu shuni ko‘rsatadiki, model turli yoritish, shovqin yoki linza ta’sirida ham samarali ishlash qobiliyatiga ega.

Xususiyat ajratish samaradorligi Gabor filtrlar va ResNet-50 CNN modeli yordamida ajratilgan xususiyatlar o‘zaro solishtirilganda, Gabor filtrlar statik kontekstda 89% aniqlikka erishgan bo‘lsa, ResNet-50 yordamida olingan chuqur xususiyatlar 95% aniqlikni ko‘rsatdi. Shuningdek, ResNet chiqishidagi 2048 o‘lchamli vektorlar t-SNE orqali vizualizatsiya qilinganda, har bir foydalanuvchining iris vektorlari toza klasterlashgan holda joylashgan bo‘lib, identifikatsiya vazifasida mustahkam ajratishni ta’minlagani aniqlandi.

Klassifikatsiya natijalari SVM algoritmi bilan ishlov berilgan modelda sinf soni 100 ta bo‘lishiga qaramay, Top-1 aniqlik 92.3%, Top-3 aniqlik esa 97.1% ga yetdi. Softmax Regression modeli bilan esa 93.6% aniqlikka erishildi. Bu shuni ko‘rsatadiki, chuqur o‘rgatilgan modellar yordamida hatto bir-biriga o‘xshash iris naqshlarida ham ishonchli identifikatsiya mumkin.

ISSN 3030-3907

Transformer arxitekturasidagi IrisFormer natijalariTransformer asosidagi IrisFormer modeli har bir iris tasvirini 64 ta patchga ajratgan holda o‘qitildi. Modelning attention mexanizmi tufayli har bir patch o‘z kontekstida baholandi. Sinov to‘plamlarida IrisFormer 99.1% AUC va 2.8% EER ko‘rsatdi. Ayniqsa, Gradient-Map bilan GAN asosida yaratilgan deepfake iris tasvirlarida farqlanish 98% aniqlik bilan amalga oshirildi. Bu sun’iy irislar va haqiqiy irislar orasidagi strukturaviy tafovutni aniqlashdagi imkoniyatlarni tasdiqlaydi.

Harakatdagi tasvirlar bo‘yicha natijalar Video ketma-ketliklardan olingan iris tasvirlarida (blur, off-angle holatlar) CNN modeli 87% aniqlikka ega bo‘ldi. Ayniqsa, pre-processing bosqichidagi stabilizatsiya va normalizatsiya texnikalari yordamida bu ko‘rsatkich 90% ga yetdi. Bu real vaqt rejimida ishlovchi tizimlar uchun ijobiy ko‘rsatkich hisoblanadi.

Chaqaloqlar uchun natijalar Maxsus ishlab chiqilgan NIR sensor orqali yig‘ilgan chaqaloqlarning 4–6 haftalik iris tasvirlarida CNN asosidagi model 91.2% aniqlikka erishdi. Bunda o‘qitish va sinov uchun 1920 ta tasvir ishlatilgan. Segmentatsiya moduli chaqaloq irislaridagi kattaroq qorachiq va kengaygan kontekstni inobatga olgan holda moslashtirildi. EER 4.5% atrofida bo‘ldi, bu esa chaqaloq biometrikasi uchun juda ijobiy ko‘rsatkichdir.

Baholash metrikalari tahlili:

CNN modeli: Accuracy – 94.7%, F1-score – 0.946, AUC – 98.2%

SVM klassifikatsiyasi: Precision – 92.1%, Recall – 91.8%

IrisFormer: Accuracy – 98.6%, AUC – 99.1%, EER – 2.8%

GAN fake iris tahlili: IoU gradient xaritada – 0.31 (fake), 0.89 (real)

Tizimga yuklama va samaradorlikResNet-50 va IrisFormer modellarining inference vaqtlari quyidagicha:

ResNet-50 + SVM: 0.64 soniya/iris

IrisFormer: 0.82 soniya/iris

Gabor + SVM: 0.51 soniya/iris

Mobil qurilmalarda TensorFlow Lite orqali siqilgan modellar test qilinib, CNN inference vaqti 0.28 soniyaga qisqartirildi. Bu natija real vaqt sharoitida ishlatish uchun yetarli.

Xavfsizlik va maxfiylik jihatlari Ma’lumotlar AES-256 orqali shifrlangan. Foydalanuvchi identifikatsiyasi uchun ishlatilgan iris xususiyatlari hash bilan kodlangan va serverda faqat siqilgan vektorlar saqlangan. Model interpretatsiyasi Grad-CAM bilan tushuntirib berilgan.

Foydalanish sohalarida qo‘llanish imkoniyati:

- Chegara va aeroport nazorat tizimlari (real vaqtda aniqlik 98%)
- Tibbiyot muassasalari (chaqaloqlarda identifikatsiya 91%)

ISSN 3030-3907

- Bank va moliya sektori (mobile-based authentikatsiya 94%)
- Kiberxavfsizlik (deepfake aniqlash 97–98%)

Amalga oshirilgan tadqiqotlar, algoritmlar va eksperimentlar orqali sun'iy intellekt yondashuvlari yordamida iris identifikatsiyasi samarali va ishonchli tizim sifatida shakllangan. U harakatdagi holatlar, chaqaloqlar, deepfake tahdidlar va cheklangan resurslarga ega qurilmalarda ham yuqori samaradorlik bilan ishlashga qodir.

Xulosa. Ushbu tadqiqot orqali biometrik identifikatsiya tizimlarining, ayniqsa iris asosidagi yondashuvlarning sun'iy intellekt bilan integratsiyasi orqali qanday rivojlanayotganini ko‘rdik. CNN va transformer arxitekturalaridan foydalanish nafaqat aniqlikni oshirdi, balki tizimning turli sharoitlarda, jumladan past sifatli tasvirlar, chaqaloqlar va deepfake tahdidlar ostida ham barqaror ishlashini ta'minladi. Segmentatsiya, xususiyat ajratish, klassifikatsiya kabi jarayonlarning har biri texnik jihatdan mustahkam asoslangan bo‘lib, yuqori aniqlikdagi natijalarga olib keldi.

GAN asosida yaratilgan tasvirlarni aniqlashdagi muvaffaqiyat, chaqaloqlar ustida sinovdan o‘tkazilgan modellarning samarasi va real vaqt tizimlarida modelni ishlatish imkoniyati biometrik tizimlarning yanada keng qamrovli sohalarga joriy etilishi uchun asos bo‘la oladi. Shu bilan birga, foydalanuvchi maxfiyligi, huquqiy masalalar va texnik resurslar bilan bog‘liq cheklovlarni hisobga olgan holda tizimni amaliyotga tatbiq etish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Xulosa qilib aytganda, iris asosida biometrik identifikatsiya qilishda sun'iy intellekt texnologiyalari hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ular yordamida yaratilgan tizimlar xavfsizlik, tezlik, ishonchlilik va barqarorlik talablari asosida real hayotda keng qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan kuchli identifikatsiya vositalaridir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Daugman, J. (2004). How Iris Recognition Works. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology.
2. He, X., & Zhang, Y. (2016). Deep Learning for Iris Recognition: A Survey. IEEE Access.
3. Sun, X., Wang, C., & Wang, Y. (2024). IrisFormer: A Dedicated Transformer Framework for Iris Recognition. IEEE SPL.
4. Nurmatov, Z., & Ahmedov, A. (2022). Ko‘z qorachig‘ini tanib olishda OpenCV va TensorFlow texnologiyalaridan foydalanish. SamDU.
5. O‘zbekiston Respublikasi. (2020). Shaxsga doir ma'lumotlar to‘g‘risida Qonun.
6. GDPR. (2016). General Data Protection Regulation. European Parliament.

ISSN 3030-3907